



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 07 554 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 21 B 31/20
B 21 B 37/00

⑦1 Aktenzeichen: 198 07 554.5
⑦2 Anmeldetag: 23. 2. 98
④3 Offenlegungstag: 10. 9. 98

③0 Unionspriorität:
9-38909 24. 02. 97 JP
⑦1 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
Beetz und Kollegen, 80538 München

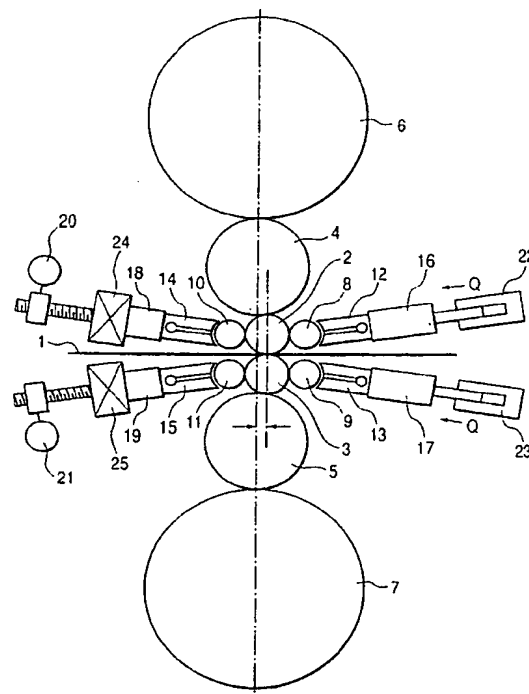
⑦2 Erfinder:
Yasuda, Kenichi, Hitachinaka, Ibaraki, JP; Hirama,
Yukio, Mito, Ibaraki, JP; Takakura, Yoshio, Hitachi,
Ibaraki, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Walzgerüst und Walzverfahren

⑤7 Ein Walzgerüst, in dem Arbeitsrollen (2, 3) durch Drucklager (12-15) horizontal unterstützt sind, wobei selbst unter der Wirkung einer übermäßigen horizontalen Kraft ein Kontakt zwischen den Arbeitsrollen und den Drucklagern verhindert wird, wodurch die Herstellung eines fehlerfreien Bandprodukts mit verbesserter Oberflächenqualität sichergestellt wird. Die Arbeitsrollen sind durch die Drucklager über Mitlaufrollen (8, 10) unterstützt. Der Versatzbetrag (y) der Arbeitsrollen wird durch Bewegungseinrichtungen (20, 21) über die Drucklager geändert. Schubzylinder (22, 23) erzeugen über die Drucklager eine bestimmte Kraft, die der von den Bewegungseinrichtungen erzeugten Kraft entgegenwirkt.



DE 198 07 554 A 1

DE 198 07 554 A 1

Die Erfindung betrifft ein Walzgerüst und ein Walzverfahren zum Walzen einer Platte und insbesondere ein Walzgerüst und ein Walzverfahren, die Arbeitsrollen mit kleinem Durchmesser verwenden und zum Walzen eines harten oder

äußerst dünnen Bandes geeignet sind.
Bisher sind Arbeitsrollen mit kleinem Durchmesser zum Walzen eines harten oder äußerst dünnen Bandes wie etwa eines Bandes aus rostfreiem Stahl verwendet worden. Bei einer Abnahme des Durchmessers der Arbeitsrollen nimmt unvermeidlich die Biegesteifigkeit der Rollen ab.

Insbesondere stellt die Durchbiegung in einer horizontalen Ebene ein Problem dar. Diese horizontale Durchbiegung bewirkt eine deutlichere Formabweichung (Ebenheit) des gewalzten Bandes. Die horizontale Durchbiegung übersteigt manchmal die Korrekturfähigkeit einer Formkorrekturvorrichtung wie etwa einer Arbeitsrollen-Biegeeinrichtung, die bisher verwendet worden ist.

Wenn sich die Arbeitsrollen vertikal in entgegengesetzten Richtungen durchbiegen, unterliegen die Mittelabschnitte der oberen und unteren Rollen Kräften, die in entgegengesetzten Richtungen wirken und zunehmend die vertikalen entgegengesetzten Durchbiegungen fördern. Falls hierbei die Walzlast groß ist, können die Rollen brechen. Um das Auftreten einer solchen Schwierigkeit vermeiden, muß die Ausübung einer hohen Last vermieden werden.

Angesichts der obigen Probleme sind Walzgerüste des Cluster-Typs einschließlich des Sendzimir-Walzgerüsts sowie Walzgerüste mit einem Horizontaldurchbiegungs-Verhinderungsmechanismus entwickelt worden, bei denen die Trommelabschnitte der Arbeitsrollen von Unterstützungsrollen horizontal unterstützt sind, wie aus der JP 182 06-A (1985) bekannt ist. Da jedoch in diesen Walzgerüsten die Unterstützungsrollen in Richtung der Rollentrommellänge unterteilt sind, werden die Oberflächeneigenschaften des gewalzten Bandes aufgrund einer Riefenübertragung durch die unterteilten Unterstützungsrollen verschlechtert.

Aus der JP 50109-A (1993) ist ein Walzgerüst bekannt, das die Verhinderung einer solchen Verschlechterung der Bandoberflächeneigenschaften anstrebt und die Verwendung von Arbeitsrollen mit kleinem Durchmesser ermöglicht. In diesem Walzgerüst sind die horizontalen Unterstützungsrollen außerhalb des Bereichs angebracht, durch den sich die maximale Breite des zu walzenden Bandes bewegt, wobei eine horizontale Durchbiegung jeder Arbeitsrolle erfaßt wird und eine horizontale Biegekraft auf die Rolle in der Weise gesteuert wird, daß die horizontale Durchbiegung gleich null wird. Gleichzeitig wird jede der Arbeitsrollen in eine Position bewegt, in der die horizontale Durchbiegung hervorriefende horizontale Kraft gleich null ist. Da eine horizontale Unterstützungseinrichtung für das Band in dem Bereich, durch den sich das Band bewegt, nicht vorhanden ist, kann die Verschlechterung der Oberflächeneigenschaften, die einer solchen horizontalen Unterstützungseinrichtung zuzuschreiben sind, verhindert werden.

In dem aus der oben erwähnten JP 50109-A (1993) offenbarten Walzgerüst ist jedoch die Reduzierung des Durchmessers jeder Arbeitsrolle begrenzt. Falls insbesondere der Arbeitsrollendurchmesser unter einem bestimmten Wert liegt, wird die Biegesteifigkeit äußerst gering, so daß das Ansprechverhalten der horizontalen Durchbiegungssteuerung ebenfalls an eine Grenze stößt, mit dem Ergebnis, daß es nicht mehr möglich ist, die horizontale Durchbiegung zu beseitigen. Tatsächlich wird in dem Walzwerk des oben beschriebenen Typs davon ausgegangen, daß ein Rollendurchmesser von ungefähr 10% der maximalen Bandbreite die Grenze bei der Reduzierung des Rollendurchmessers bildet. Es ist schwierig, den Rollendurchmesser weiter zu verkleinern.

Aus der JP 94509-A (1984) ist ein Walzgerüst bekannt, das einen Unterstützungsmechanismus besitzt, der die Durchbiegung der Arbeitsrollen an der Eingangsseite der Rollen verhindert und sowohl der Vereinfachung des Walzgerüsts als auch der Reduzierung des Durchmessers der Arbeitsrollen dient. Der Unterstützungsmechanismus ist mit einer Kühlungseinrichtung mit Flüssigkeitsdruckeinstellung versehen, die eine durch die Unterstützung verursachte Reibung verhindert. Jede Arbeitsrolle ist mit einem Verschiebungsmechanismus versehen, um eine Anpassung an Änderungen der Walzbedingungen (z. B. des zu walzenden Bandes) vornehmen zu können. Bei einer solchen Technik kann die Durchbiegung der Arbeitsrollen in gewissem Maß verhindert werden, der Beseitigung der horizontalen Kraft wird jedoch keinerlei Beachtung geschenkt. Da außerdem der Verschiebungsmechanismus an der Arbeitsrolle selbst vorgesehen ist, wird die Durchbiegung der Arbeitsrolle durch eine Verschiebungsbewegung beeinflusst. Es ist daher bisher schwierig gewesen, eine Verschiebung auszuführen und die Durchbiegung jeder Arbeitsrolle so gering wie möglich zu machen.

Weiterhin ist aus der JP 13366-A (1996) ein Walzwerk bekannt, mit dem die obige Verschlechterung der Bandoberflächeneigenschaften verhindert werden kann und eine weitere Reduzierung des Arbeitsrollendurchmessers erzielt werden kann, wobei das Walzgerüst mit einem horizontalen Unterstützungsmechanismus für die Arbeitsrollen versehen ist, der Lager verwendet, die über den statischen Druck eines Fluids wirken (und im folgenden einfach mit Drucklager bezeichnet werden). Dieses Walzgerüst ist beispielsweise wie in Fig. 17 schematisch gezeigt konstruiert. Arbeitsrollen 102 und 103 zum Walzen eines Bandes 101 sind vertikal durch Zwischenrollen 104, 105 und durch Stützwalzen 106, 107 unterstützt und horizontal über Mitlaufrollen 108, 109, 110 und 111 durch Drucklager 112, 113, 114 bzw. 115 unterstützt.

In dem aus der JP 13366-A (1996) bekannten Walzgerüst, das schematisch in Fig. 17 gezeigt ist und in dem die Arbeitsrollen 102 und 103 horizontal mittels der Drucklager 112, 113, 114 und 115 unterstützt sind, bedürfen die folgenden Punkte einer weiteren Verbesserung.

In dem Walzwerk nach Fig. 17 sind die Arbeitsrollen 102 und 103 im Walzgerüst mittig angebracht. Wenn andererseits der Arbeitsrollendurchmesser reduziert wird, können die Arbeitsrollen nicht mehr direkt angetrieben werden, da eine hohe Festigkeit der Antriebswellen sichergestellt sein muß. Daher müssen die Arbeitsrollen unvermeidlich indirekt über Stützwalzen und/oder Zwischenrollen angetrieben werden. Folglich entwickelt sich zu dem Zeitpunkt, zu dem an die Arbeitsrollen über die Stützwalzen und/oder die Zwischenrollen ein Walzdrehmoment angelegt wird, eine in horizontaler Richtung wirkende Tangentialkraft. Unter Walzbedingungen, die ein großes Drehmoment beinhalten, wird die Antriebstangentialkraft (horizontale Kraft) ebenfalls groß, so daß auf die Drucklager, die diese Kraft aufnehmen, ebenfalls eine hohe Kraft ausgeübt wird. Wenn daher der an die Drucklager geförderte Fluiddruck nicht ausreicht, können die Lager diese horizontale Kraft nicht aufnehmen, mit dem Ergebnis, daß die Rollen und die Lagersegmente der Drucklager miteinander in Kontakt gelangen und beschädigt werden. Die Beschädigungen auf den Arbeitsrollen werden unvermeidlich

auf das zu walzende Band übertragen, wodurch die Bandqualität deutlich verschlechtert wird. Wenn andererseits die Beschädigungen auf den Lagersegmenten nicht beseitigt werden, werden neue Rollen nach einem Rollenaustausch ebenfalls beschädigt. Daher müssen die Lagersegmente selbst ersetzt werden. Diese Rollenersetzungsarbeit erfordert viel Zeit und führt somit zu einer Produktivitätsverschlechterung. Außerdem ist eine Reparatur der Lagersegmente teuer, da die Lagersegmente eine hohe Fertigungsgenauigkeit erfordern. Somit hat ein Kontakt zwischen den Arbeitsrollen und den Lagersegmenten der Drucklager, der durch die obenerwähnte übermäßige horizontale Kraft hervorgerufen wird, einen großen Schaden zur Folge.

Um den obenerwähnten Nachteil zu vermeiden, muß eine geeignete Maßnahme ergriffen werden, z. B. muß der an die Drucklager geförderte Öldruck einen gewissen Spielraum besitzen. Hierzu ist unvermeidlich die Verwendung einer Pumpe und eines Tanks erforderlich, wodurch die Anlagenkosten und die Energiekosten ansteigen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Walzgerüst und ein Walzverfahren zu schaffen, bei denen die Arbeitsrollen horizontal durch Drucklager unterstützt sind und bei denen während des Walzens ein Kontakt zwischen den Arbeitsrollen und den Drucklagern selbst dann verhindert werden kann, wenn eine übermäßig hohe horizontale Kraft wirkt, um so ein Walzprodukt zu schaffen, das keine Beschädigungen aufweist und eine bessere Oberflächenqualität besitzt.

Das erfindungsgemäße Walzgerüst enthält wenigstens ein Paar Arbeitsrollen zum Walzen eines Bandes, wenigstens ein Paar Stützwalzen zum Antreiben der Arbeitswalzen sowie Drucklager, die die Seitenflächen der Arbeitsrollen unter Verwendung eines Fluiddrucks horizontal in einem Bereich unterstützen, der nicht kleiner als die maximale Breite des zu walzenden Bandes ist, wobei die Drucklager sowohl an der Eingangsseite als auch an der Ausgangsseite der Arbeitsrolle angebracht sind und wobei an den Drucklagern jeweils eine Bewegungseinrichtung angebracht ist, die die Arbeitsrollen horizontal in Richtung zur Eingangsseite bzw. zur Ausgangsseite bewegen.

Da erfindungsgemäß an den Drucklagern Bewegungseinrichtungen angebracht sind, um die Arbeitsrollen zur Eingangsseite bzw. zur Ausgangsseite zu bewegen, kann das Ausmaß des Versatzes der Arbeitsrollen geändert werden. Dadurch können eine Kraftkomponente der Walzlast, eine Antriebstantentialkraft sowie vordere und hintere Spannungen, die auf die zu walzende Platte ausgeübt werden, im Gleichgewicht gehalten werden, so daß die gesamte horizontale Kraft, die auf die Arbeitsrollen ausgeübt wird, auf einem zulässigen Wert (einem Grenzwert, der mit dem Kontakt zwischen den Arbeitsrollen und den Lagersegmenten der Drucklager in Beziehung steht) oder darunter gehalten werden kann. Dadurch kann verhindert werden, daß die Arbeitsrollen mit den Lagersegmenten der Drucklager durch die übermäßige horizontale Kraft in Kontakt gelangen.

Zweckmäßig sind in der Erfindung an den Drucklagern, die sich an der Eingangsseite und/oder an der Ausgangsseite befinden, Horizontalkraft-Meßeinrichtungen angebracht, die die auf jedes Drucklager ausgeübte horizontale Kraft messen.

Zweckmäßig sind an den Drucklagern, die sich auf der Eingangsseite oder auf der Ausgangsseite befinden, die Bewegungseinrichtungen angebracht, während an den jeweils gegenüber befindlichen Drucklagern Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen angebracht sind, die eine Schubkraft erzeugen, die der von den Bewegungseinrichtungen ausgeübten Kraft entgegenwirkt.

Zweckmäßig werden Schwimmgrad-Meßeinrichtungen verwendet, die den Grad messen, in dem die von den Drucklagern unterstützten Rollen relativ zu diesen Lagern schwimmen.

Zweckmäßig werden Förderdruck-Steuereinrichtungen verwendet, die den an die Drucklager zu fördernden Fluiddruck in Übereinstimmung mit der von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen gemessenen Horizontalkraft steuern.

Zweckmäßig werden Drucklager-Steuereinrichtungen verwendet, um die Drucklager an Positionen zu bewegen, an denen die durch die Horizontalkraft-Meßeinrichtungen gemessene Horizontalkraft höchstens einen vorgegebenen Wert hat.

Zweckmäßig werden Bewegungseinrichtung-Steuereinrichtungen verwendet, die die Arbeitsrollen-Bewegungseinrichtung in der Weise steuern, daß sich die Arbeitsrollen an Positionen bewegen, an denen die von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen gemessene Horizontalkraft höchstens einen vorgegebenen Wert hat.

Erfindungsgemäß wird ferner ein Walzverfahren geschaffen, das die folgenden Schritte umfaßt: Messen der auf die Drucklager horizontal ausgeübten Horizontalkraft durch die Horizontalkraft-Meßeinrichtungen und Steuern der von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen zu erzeugenden Kraft in Übereinstimmung mit der gemessenen Horizontalkraft.

Außerdem wird ein Walzverfahren geschaffen, das die folgenden Schritte umfaßt: Messen des Schwimmgrades der Arbeitsrollen relativ zu den Drucklagern mittels der Schwimmgrad-Meßeinrichtungen sowie in Übereinstimmung mit dem gemessenen Schwimmgrad Steuern entweder der Position jeder Arbeitsrolle in Eingangs- und Ausgangsrichtung oder der von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen zu erzeugenden Kraft oder des an die Drucklager zu fördernden Fluiddrucks.

Wenn in der erfindungsgemäßen Konstruktion der Wert der an die Drucklager ausgeübten und von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen gemessenen Horizontalkraft in der Nähe des zulässigen Wertes liegt, kann die von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen erzeugte Schubkraft auf einen kleinen Wert eingestellt werden. Wenn darüber hinaus beispielsweise der Wert der auf die Drucklager ausgeübten und von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen gemessenen Horizontalkraft in der Nähe des für die Lager zulässigen Wertes liegt, kann der an die Lager geförderte Fluiddruck erhöht werden, ferner kann der zulässige Wert selbst erhöht werden.

Statt der Messung der Horizontalkraft kann ferner ein Verfahren übernommen werden, bei dem der Schwimmgrad der Arbeitsrollen relativ zu den Drucklagern, d. h. der Abstand zwischen den Rollen und den Lagersegmenten, durch die Schwimmgrad-Meßeinrichtungen gemessen wird, und bei dem beispielsweise dann, wenn der so gemessene Schwimmgrad höchstens gleich einem bestimmten Wert ist, entweder die Position (Versatz) der Arbeitsrollen in Eingangs- und Ausgangsrichtung geändert wird oder die von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen erzeugte Kraft abgesenkt wird oder der an die Drucklager geförderte Fluiddruck erhöht wird.

In dem obenbeschriebenen Walzgerüst sind zwischen den Arbeitsrollen und den Drucklagern zweckmäßig Mitlaufrollen angeordnet. Durch diese Mitlaufrollen kann die Genauigkeit des Schwimmgrades der Rollen und der Schubkraft relativ zu den Drucklagern selbst dann hoch gehalten werden, wenn der Durchmesser jeder Arbeitsrolle durch dauerndes

Schleifen geändert wird. Außerdem ist die Ersetzung der Arbeitsrollen einfacher.

Zweckmäßig sind in den Drucklagern in Bandbreitenrichtung mehrere Fluidförderbohrungen ausgebildet. Die Fluidförderbohrungen besitzen zweckmäßig in Bandbreitenrichtung unterschiedliche Durchmesser. Wenn daher die Arbeitsrollen in der Mitte aufgrund der Wärmeausdehnung anschwellen, kann der Schwimmgrad an den beiden Endabschnitten in Bandbreitenrichtung erhöht werden, so daß es möglich ist, die Rollen gleichmäßig und stabil zu unterstützen.

Erfindungsgemäß wird ferner ein Walzverfahren geschaffen, das das obenbeschriebene Walzwerk verwendet und das die folgenden Schritte enthält: Messen der horizontalen Kräfte durch die Horizontalkraft-Meßeinrichtungen, die auf die Drucklager sowohl auf der Arbeitsseite als auch auf der Antriebsseite horizontal ausgeübt werden, und in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen den Horizontalkräften auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite Steuern der Differenz entweder zwischen dem an die Drucklager auf der Arbeitsseite geförderten Fluiddruck und dem an die Drucklager auf der Antriebsseite geförderten Fluiddruck oder zwischen der durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen auf der Arbeitsseite erzeugten Kraft und der durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen auf der Antriebsseite erzeugten Kraft.

Ferner wird erfindungsgemäß ein Walzverfahren geschaffen, das das obenbeschriebene Walzgerüst verwendet, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält: Messen der Schwimmgrade der Arbeitsrollen relativ zu den Drucklagern an wenigstens zwei Punkten in Bandbreitenrichtung und in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen dem gemessenen Schwimmgrad auf der Arbeitsseite und dem gemessenen Schwimmgrad auf der Antriebsseite Steuern der Differenz zwischen dem an die Drucklager auf der Arbeitsseite geförderten Fluiddruck und dem an die Drucklager auf der Antriebsseite geförderten Fluiddruck oder zwischen der durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen auf der Arbeitsseite erzeugten Kraft und der durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen auf der Antriebsseite erzeugten Schubkraft.

Da somit die Differenz zwischen den an die Drucklager gelieferten Fluiddrücken auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite oder die Differenz zwischen den durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite erzeugten Kräften gesteuert wird, wenn auf einen gewissen Abschnitt in Bandbreitenrichtung eine übermäßige horizontale Kraft ausgeübt wird, kann der Fluiddruck in diesem Abschnitt der großen horizontalen Kraft erhöht werden oder kann die von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen erzeugte Schubkraft in diesem Abschnitt der großen horizontalen Kraft verringert werden, wodurch die gesamte horizontale Kraft, die auf die Drucklager ausgeübt wird, verringert werden kann.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung zweckmäßiger Ausführungen, die auf die beigelegte Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Walzgerüsts gemäß einer ersten Ausführung der Erfindung;

Fig. 2 ein Diagramm zur Erläuterung der Berechnung des Versatzbetrags der Arbeitsrollen;

Fig. 3 eine Draufsicht eines in **Fig. 1** gezeigten Drucklagers zur Erläuterung seines Aufbaus;

Fig. 4 eine vertikale Schnittansicht, die das Drucklager auf Höhe von Schmierungsbohrungen zeigt;

Fig. 5 eine vertikale Schnittansicht, die das Drucklager auf Höhe einer Spaltmeßeinrichtung zeigt;

Fig. 6 eine Ansicht einer beispielhaften Konstruktion mit in Abhängigkeit von der Position in Bandbreitenrichtung unterschiedlichen Schmierungsbohrung-Durchmessern;

Fig. 7-12 Vorderansichten der oberen Hälfte eines Walzgerüsts gemäß zweiter bis siebter Ausführungen der Erfindung;

Fig. 13-16 Draufsichten eines linken Quadranten der oberen Hälfte eines Walzgerüsts gemäß achter bis elfter Ausführungen der Erfindung; und

Fig. 17 die bereits erwähnte Vorderansicht eines beispielhaften herkömmlichen Walzgerüsts, in dem Arbeitsrollen durch Drucklager unterstützt sind.

Nun wird mit Bezug auf die **Fig. 1** bis **6** ein Walzgerüst gemäß einer ersten Ausführung der Erfindung beschrieben. In dem Walzgerüst dieser Ausführung sind, wie in **Fig. 1** gezeigt ist, Arbeitsrollen **2** und **3** zum Walzen einer Platte **1** durch Zwischenrollen **4** und **5** sowie durch Stützwalzen **6** und **7** vertikal unterstützt. Die Zwischenrollen **4** und **5** sind mit einem (nicht gezeigten) Motor verbunden, wobei die Arbeitsrollen **2** und **3** durch die Zwischenrollen **4** bzw. **5** angetrieben werden. Andererseits sind die Arbeitsrollen **2** und **3** durch Drucklager **12**, **13**, **14** und **15** über Mitlaufrollen **8**, **9**, **10** bzw. **11** horizontal unterstützt. Die Drucklager **12** bis **15** sind an Trägern **16**, **17**, **18** und **19** mit ausreichender Steifigkeit angebracht. Die Träger (**18** und **19** in dieser Ausführung), die sich entweder an der Eingangsseite oder an der Ausgangsseite befinden, sind jeweils mit Bewegungseinrichtungen **20** bzw. **21** versehen, die die Träger in Eingangs- bzw. Ausgangsrichtung bewegen. Die Bewegungseinrichtungen **20** und **21**, die an einem Gehäuse des Walzgerüsts befestigt sind, besitzen einen Aufbau, bei dem die Träger **18** und **19** durch Drehen von Schrauben horizontal bewegt werden. In diesem Aufbau kann die Position der Arbeitsrollen **2** und **3** in Eingangs- und Ausgangsrichtung in bezug auf die Mittelachsen der Zwischenrollen **4** und **5**, d. h. der Versatz "y", geändert werden. Da die Mitlaufrollen **8**, **9**, **10** und **11** vorgesehen sind, können sowohl der Schwimmgrad der Arbeitsrollen als auch deren Schubkraft selbst dann, wenn sich der Durchmesser der Arbeitsrollen **2** und **3** aufgrund eines Dauerschleifens verändert, mit hoher Genauigkeit beibehalten werden. Außerdem ist die Ersetzung der Arbeitsrollen **2** und **3** einfach.

An den Trägern **16** und **17**, an denen nicht die Bewegungseinrichtungen **20** und **21** befestigt sind, sind Schubzylinder (Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen) **22** und **23** befestigt, mit denen die Arbeitsrollen **2** und **3** mit einer bestimmten Kraft horizontal geschoben werden. Die auf die Arbeitsrollen **2** und **3** horizontal ausgeübten Kräfte werden durch Lastzellen (Horizontalkraft-Meßeinrichtungen) **24** und **25** gemessen. Durch Einstellen des Versatzbetrages y der Arbeitsrollen **2** und **3** auf einen geeigneten Wert, der durch die Walzlast, das Walzdrehmoment und vordere und hintere Spannungen bestimmt ist, kann der Gesamtbetrag der horizontalen Kräfte, die auf die Arbeitsrollen **2** und **3** ausgeübt werden, im wesentlichen auf null (oder einen zulässigen Wert in der Nähe von null) gesetzt werden.

Nun wird mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben, wie der Versatz y berechnet wird, um die auf die Arbeitsrollen **2** und **3** ausgeübten horizontalen Kräfte auf einen Wert einzustellen, der gleich null ist (oder auf einen zulässigen Wert in der Nähe von null). Die Horizontalkraft S, die auf die Arbeitsrolle **2** (oder **3**) ausgeübt wird, ist durch die folgende Gleichung gegeben:

$$S = FT + FP + \frac{Tb - Tf}{2} \quad (1)$$

wobei Tb die eingangsseitige Spannung ist, die auf das Band 1 ausgeübt wird, Tf die ausgangsseitige Spannung ist, die auf das Band ausgeübt wird, FT eine Antriebstangentialkraft ist, die auf dem Drehmoment T der Zwischenrolle 4 (oder 5) basiert, und FP eine horizontale Kraftkomponente einer Walzlast P ist. FT und FP sind folgendermaßen gegeben:

$$FT = \frac{T}{RI} \quad (2)$$

$$FP = \frac{P \cdot y}{RI + RW} \quad (3)$$

wobei RI der Radius der Zwischenrolle 4 (oder 5) ist und RW der Radius der Arbeitsrolle 2 (oder 3) ist.

Falls die horizontale Kraft 2 in der obigen Gleichung (1) auf 0 gesetzt ist, ist der Versatzbetrag y unter dieser Bedingung durch die folgende Gleichung gegeben:

$$y = \left(\frac{T}{RI} + \frac{Tb - Tf}{2} \right) \cdot \frac{RI + RW}{P} \quad (4)$$

In der obigen Gleichung (4) können die Walzlast P, das Drehmoment T und die Spannungen Tb und Tf berechnet werden, wenn die Walzbedingungen festgelegt sind. Die Rollendurchmesser RI und RW sind in jedem Fall bekannt. Daher kann vor dem Beginn des Walzens aus Gleichung (4) ein geeigneter Versatz y erhalten werden.

Wenn daher mit dem Walzvorgang begonnen wird, nachdem die Arbeitsrollen 2 und 3 auf jeweilige Positionen eingestellt worden sind, die um den obigen Versatzbetrag y zur Ausgangsseite versetzt sind, kann die Ausübung einer übermäßigen horizontalen Kraft auf die Arbeitsrollen 2 und 3 aufgrund des Walzvorgangs verhindert werden, so daß auch die Ausübung einer übermäßigen Last auf die Drucklager 12 bis 15 verhindert werden kann. Zusätzlich zu der durch das Walzen erzeugten horizontalen Kraft S nach Gleichung (1) wird auf die Drucklager 12 und 13 eine Schubkraft Q ausgeübt, die durch die Schubzylinder 22 und 23 erzeugt wird. Die Schubkraft Q dient der Stabilisierung der Arbeitsrollen 2 und 3, so daß diese eine gleichmäßige Bewegung ausführen und auf die Drucklager 12 und 13 nur eine geringe Kraft ausgeübt wird, die keine Beschädigung der Lager hervorruft.

Fig. 3 ist eine Draufsicht des Drucklagers 12. Das Öl, auf dem die Mitlaufrollen 8 bis 11 schwimmen sollen und das von einer (nicht gezeigten) Öldruckwelle gefördert wird, strömt durch eine Hauptschmierungsbohrung 26 und dann durch Schmierungsbohrungen 27 bis 32 mit kleinem Durchmesser und schließlich in Öltaschen 33, 34 und 35, die ein Schwimmen der Mitlaufrolle 8 bewirken. Der Schwimmgrad der Rolle 8 wird durch Spaltmeßeinrichtungen 36, 37 und 38 gemessen, woraufhin die Meßwerte von Verstärkern 39, 40 bzw. 41 in entsprechende elektrische Signale umgesetzt werden. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, werden die Spaltmeßeinrichtungen 36, 37 und 38 verwendet, um den Schwimmgrad auf der Antriebsseite, dem Mittelabschnitt und der Arbeitsseite zu ermitteln.

Fig. 4 ist eine vertikale Schnitansicht der Schmierungsbohrung 27 und ihrer Umgebung, während Fig. 5 eine vertikale Schnitansicht der Spaltmeßeinrichtung 36 und ihrer Umgebung ist. Die anderen Schmierungsbohrungen und Spaltmeßeinrichtungen besitzen im wesentlichen den gleichen Aufbau. Ein großer Durchmesser der Schmierungsbohrungen 27 bis 32 hat eine Erhöhung der Durchflußmenge zur Folge, so daß der Schwimmgrad der Rolle 8 zunimmt, jedoch wird auch der Verschiebungsgrad bei Ausübung einer äußeren Kraft auf die Rolle 8 groß. Mit anderen Worten, die Federkonstante der Drucklager 12 bis 15 wird kleiner. Wenn umgekehrt der Durchmesser der Schmierungsbohrungen 27 bis 32 klein ist, wird der Schwimmgrad der Rolle 8 klein, die Federkonstante der Drucklager 12 bis 15 wird jedoch groß. Daher ist es notwendig, die obigen Eigenschaften bei der Bestimmung des Durchmessers der Schmierungsbohrungen 27 bis 32 zu berücksichtigen.

Es ist außerdem möglich, die Eigenschaften der Drucklager 12 bis 15 absichtlich zu ändern, indem die Schmierungsbohrungen 27 bis 32 abhängig von den Positionen in Breitenrichtung des Bandes 1 unterschiedliche Durchmesser erhalten. Fig. 6 zeigt ein Beispiel, in dem die Schmierungsbohrungen 27a, 28a, 31a und 32a, die in den beiden Endabschnitten ausgebildet sind, einen größeren Durchmesser besitzen als die Schmierungsbohrungen 29a und 30a, die im Mittelabschnitt ausgebildet sind. Wenn bei dieser Konstruktion der Mittelabschnitt aufgrund der Wärmeausdehnung der Rollen (der Arbeitsrollen 2, 3 und der Mitlaufrollen 8 bis 11) anschwillt, kann der Schwimmgrad der Arbeitsrollen an den beiden Endabschnitten in Plattenbreitenrichtung entsprechend dem Anschwellen erhöht werden, so daß die Arbeitsrollen gleichmäßig und stabil unterstützt werden können. Der Aufbau des oben in Verbindung mit den Fig. 4 bis 6 beschriebenen Drucklagers 12 ist auch den Drucklagern 13 bis 15 gemeinsam.

Wie oben beschrieben worden ist, können, da in dieser Ausführung die Bewegungseinrichtungen 20 und 21 an den Drucklagern 14 und 15 befestigt sind, um die Arbeitsrollen 2 und 3 zur Einstellung des Versatzgrades y in Eingangs- und Ausgangsrichtung zu bewegen, die Kraftkomponente FP der Walzlast P, die Antriebstangentialkraft FT und die vorderen und hinteren Spannungen Tf, Tb, die auf das Band 1 ausgeübt werden, ins Gleichgewicht gebracht werden, so daß die gesamte horizontale Kraft S auf dem Wert null oder in der Nähe von Null gehalten werden kann. Daher kann verhindert werden, daß die Mitlaufrollen 8 bis 11 mit den Lagersegmenten der Drucklager 12 bis 15 unter der Wirkung einer übermäßigen horizontalen Kraft in Kontakt gelangen. Somit kann stets ein Bandprodukt erhalten werden, das frei von Riefen ist und eine verbesserte Oberflächenqualität besitzt.

Nun wird ein Walzgerüst gemäß einer zweiten Ausführung der Erfindung beschrieben. Obwohl nur eine obere Hälfte

des Walzgerüsts beschrieben wird, gilt die Beschreibung auch für die untere Hälfte des Walzgerüsts (dies gilt auch für die weiteren Ausführungen). In Fig. 7 sind die gleichen Komponenten wie in den vorangehenden Figuren mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

In dem Aufbau nach Fig. 7 wird eine in der Arbeitsrolle 2 während des Walzens erzeugte horizontale Kraft durch die Lastzelle 24 gemessen. Die Kraft S_0 , die von der Lastzelle 24 erfaßt wird, ist die Summe aus der Kraft S nach Gleichung (1) und der Schubkraft Q , die durch die Schubzylinder 22 erzeugt wird. Daher gilt die folgende Gleichung:

$$S_0 = S + Q \quad (5)$$

Die Kraft S_0 , die von der Lastzelle 24 ermittelt wird, wird an einen Rechner 42 ausgegeben, der seinerseits die Schubkraft Q von der erfaßten Kraft in Übereinstimmung mit der obigen Gleichung (5) subtrahiert, um die durch das Walzen erzeugte horizontale Kraft S zu berechnen. Die Schubkraft Q wird durch einen Druckdetektor 43 erfaßt und an den Rechner 42 ausgegeben. Da jedoch der Wert von Q gewöhnlich ein konstanter Wert ist, kann er in den Rechner 42 über eine getrennt vorgesehene Stelleinrichtung als Konstante eingegeben werden. Eine Steuereinrichtung 44 empfängt den vom Rechner 42 erhaltenen Wert S und gibt an die Bewegungseinrichtung 20 dann, wenn S ein positiver Wert ist, ein Signal zum Verschieben des Versatzes y der Arbeitsrolle 2 lediglich um einen sehr kleinen Betrag Δy in positiver Richtung (nach rechts in Fig. 7) aus, während die Steuereinrichtung 44 dann, wenn S ein negativer Wert ist, an die Bewegungseinrichtung 20 ein Signal ausgibt, um den Versatz y um Δy in negativer Richtung (nach links in Fig. 7) zu verschieben. Dabei wird die Änderung des Versatzes unter Verwendung von Δy wiederholt, bis S null wird. Statt einer Wiederholung der Verschiebung, bis S null wird, kann ein sogenanntes Totband vorgesehen sein, wobei die Änderung des Versatzes angehalten wird, wenn der Absolutwert S einen bestimmten kleinen Wert erreicht hat.

In der obenbeschriebenen zweiten Ausführung der Erfindung kann nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführung erhalten werden, sondern es kann ferner die auf die Drucklager 12 und 14 ausgeübte Kraft stets innerhalb eines geeigneten Bereichs gehalten werden, so daß das Auftreten einer Beschädigung der Arbeitsrolle 2, der Mitlaufrollen 8 und 10 und der Drucklager 12 und 14 verhindert werden kann.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 8 eine dritte Ausführung der Erfindung beschrieben, wobei die gleichen Komponenten wie oben mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind.

In Fig. 8 wird eine auf das Drucklager 14 ausgeübte horizontale Kraft durch die Lastzelle 24 gemessen. Der von der Lastzelle 24 erfaßte Wert für S_0 wird an einen Rechner 45 geliefert, der ihn seinerseits mit einem Grenzdrukswert S_{\max} des Drucklagers 14 vergleicht. Wenn S_0 größer als S_{\max} wird, gibt der Rechner 45 an einen Druckregler 46, der in einem für das Schwimmen vorgesehenen Öldrucksystem angeordnet ist, ein Druckerhöhungssignal aus. Es wird angenommen, daß der Druckerhöhungsbetrag Δp den folgenden Wert annimmt, der zu dem Betrag, um den S_{\max} überschritten wird, proportional ist:

$$\Delta p = \alpha_1 (S_0 - S_{\max}) \quad (6)$$

wobei α_1 eine Konstante ist. Wenn jedoch Δp nach Gleichung (6) negativ ist, wird eine Druckreduzierung nicht ausgeführt. Andererseits wird an das Drucklager 12 am Schubzylinder 16 mittels eines Druckreglers 47 Öl mit konstantem Druck gefördert. Alternativ kann Δp ein konstanter Wert sein.

Mit der obenbeschriebenen dritten Ausführung der Erfindung kann nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführung erhalten werden, sondern es wird außerdem dann, wenn auf das Drucklager 14 eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, die zulässige Last auf das Lager 14 selbst erhöht, indem der geförderte Öldruck erhöht wird, so daß es möglich ist, einen Kontakt und eine Beschädigung der Rolle 10 und des Lagers 14 zu vermeiden. Außerdem besteht nicht die Gefahr, daß auf das Drucklager 12 eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, da das Lager 12 durch den Schubzylinder 22 mit konstanter Kraft geschoben wird.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 9 eine vierte Ausführung der Erfindung beschrieben, wobei gleiche Komponenten wie oben mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind.

In Fig. 9 wird eine auf das Drucklager 14 ausgeübte horizontale Kraft durch die Lastzelle 24 gemessen. Die von der Lastzelle erfaßte Kraft S_0 wird an einen Rechner 48 geliefert, der die Kraft S_0 mit einem Grenzdrukswert S_{\max} des Lagers 14 vergleicht. Wenn S_0 größer als S_{\max} wird, gibt der Rechner 48 an einen in einem Öldrucksystem für den Schubzylinder 22 angeordneten Druckregler 29 ein Druckreduziersignal aus. Es wird angenommen, daß der Druckreduzierungsbetrag Δq zu dem Betrag, um den S_{\max} überschritten wird, proportional ist:

$$\Delta q = \alpha_2 (S_0 - S_{\max}) \quad (7)$$

wobei α_2 eine Konstante ist. Falls jedoch die Schubkraft gleich null ist, werden die Rollen 2, 8 und 10 in bezug auf ihre Position instabil, so daß es notwendig ist, für Δq eine Grenze festzusetzen, damit die Schubkraft aufgrund der Druckreduzierung nach Gleichung (7) nicht auf Null abfällt. Alternativ kann Δq einen bestimmten konstanten Wert annehmen.

In der obenbeschriebenen vierten Ausführung der Erfindung wird nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführung erhalten, sondern es wird außerdem dann, wenn auf das Drucklager 14 eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, die vom Schubzylinder 22 erzeugte horizontale Kraft abgesenkt, so daß die gesamte horizontale Kraft, die auf das Lager 14 ausgeübt wird, verschwindet, so daß ein Kontakt und eine Beschädigung der Rolle 10 und des Lagers 14 verhindert werden können.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 10 eine fünfte Ausführung der Erfindung beschrieben, wobei die gleichen Komponenten wie oben mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind.

In Fig. 10 wird der Schwimmgrad u der Mitlaufrolle 10 während des Walzens mittels einer Spaltmeßeinrichtung (Schwimmgrad-Meßeinrichtung) 50 gemessen, die in dem Drucklager 14 angeordnet ist, wobei der Meßwert durch einen Verstärker 51 in ein elektrisches Signal umgesetzt wird. Der so erfaßte Wert u wird an einen Rechner 52 ausgegeben, der

aus dem als Referenzwert dienenden Schwimmgrad u_0 anhand der folgenden Gleichung eine Differenz Δq berechnet:

$$\Delta u = u - u_0 \quad (8)$$

Eine Steuereinrichtung **53** empfängt den vom Rechner **52** erhaltenen Wert Δu , gibt, wenn Δu ein negativer Wert ist, was einer übermäßigen horizontalen Kraft entspricht, an die Bewegungseinrichtung **20** ein Signal zum Verschieben des Versatzes y der Arbeitsrolle **2** in positiver Richtung (nach rechts in **Fig. 10**) nur um einen sehr kleinen Betrag Δy aus, oder gibt, wenn der Δu ein positiver Wert ist, was einer kleinen horizontalen Kraft entspricht, an die Bewegungseinrichtung **20** ein Signal zum Verschieben des Versatzes y in negativer Richtung (nach links in **Fig. 10**) lediglich um Δy aus. In dieser Weise wird die Änderung des Versatzes unter Verwendung von Δy wiederholt, bis Δu null wird. Statt einer Wiederholung der Verschiebung, bis Δu null wird, kann ein sogenanntes Totband vorgesehen sein, wobei die Änderung des Versatzes angehalten wird, wenn der Absolutwert von Δu einen bestimmten kleinen Wert erreicht hat.

In der obenbeschriebenen fünften Ausführung wird nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführung erhalten, sondern es kann der Schwimmgrad der Rolle **10** relativ zum Drucklager **14** auf einem Wert innerhalb eines geeigneten Bereichs gehalten werden, so daß Beschädigungen der Arbeitsrolle **2**, der Mitlaufrollen **8** und **10** und der Drucklager **12** und **14** verhindert werden können.

Nun wird mit Bezug auf **Fig. 11** eine sechste Ausführung der Erfindung beschrieben, in der die gleichen Komponenten wie oben mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind.

In **Fig. 11** wird der Schwimmgrad u der Mitlaufrolle **10** während des Walzens durch die Spaltmeßeinrichtung **50** gemessen, die im Drucklager **14** angeordnet ist, wobei der Meßwert durch den Verstärker **51** in ein elektrisches Signal umgesetzt wird. Der so ermittelte Wert u wird an einen Rechner **54** geliefert, der anhand der obigen Gleichung (8) aus dem Schwimmgrad u_0 , der als Referenzwert dient, eine Differenz Δu berechnet. Wenn Δu ein negativer Wert ist, bedeutet dies, daß die horizontale Kraft übermäßig groß ist, so daß der Rechner **54** ein Druckerhöhungssignal an den Druckregler **46** ausgibt, der in dem das Schwimmen bewirkenden Öldrucksystem angeordnet ist. Es wird angenommen, daß der Druckerhöhungsbetrag Δp zu dem Wert Δu proportional ist:

$$\Delta p = \alpha_3 \cdot \Delta u \quad (9)$$

wobei α_3 eine Konstante ist. Alternativ kann Δp ein bestimmter konstanter Wert sein. Wenn jedoch Δu in Gleichung (9) ein positiver Wert ist, wird eine Druckreduzierung nicht ausgeführt. Andererseits wird an das Drucklager **12** auf Seiten des Schubzylinders **22** Öl gefördert, das mittels des Druckreglers **47** auf einem konstanten Druck gehalten wird.

In der obenbeschriebenen sechsten Ausführung kann nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführung erhalten werden, sondern es wird außerdem dann, wenn auf das Drucklager **14** eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, die zulässige Last auf das Lager **14** erhöht, indem der geförderte Öldruck erhöht wird, so daß es möglich ist, einen Kontakt und eine Beschädigung der Rolle **10** und des Lagers **14** zu vermeiden.

Nun wird mit Bezug auf **Fig. 12** eine siebte Ausführung der Erfindung beschrieben, wobei die gleichen Komponenten wie oben mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind.

In **Fig. 12** wird der Schwimmgrad u der Mitlaufrolle **10** während des Walzens durch die Spaltmeßeinrichtung **50** gemessen, die im Drucklager **14** angeordnet ist, wobei der Meßwert durch einen Verstärker **51** in ein elektrisches Signal umgesetzt wird. Der so ermittelte Wert u wird an einen Rechner **55** geliefert, der anhand der obigen Gleichung (8) aus dem Schwimmgrad u_0 , der als Referenzwert dient, die Differenz Δu berechnet. Wenn Δu ein negativer Wert ist, bedeutet dies, daß die horizontale Kraft übermäßig groß ist, so daß der Rechner **55** an den im Öldrucksystem für den Schubzylinder **22** angeordneten Druckregler **49** ein Druckreduziersignal ausgibt. Es wird angenommen, daß der Druckreduzierbetrag Δq proportional zu Δu ist:

$$\Delta q = \alpha_4 \cdot \Delta u \quad (10)$$

wobei α_4 eine Konstante ist. Wenn jedoch die Schubkraft null ist, werden die Rollen **2**, **8** und **10** in bezug auf ihre Position instabil, so daß Δq begrenzt werden muß, damit wegen der Druckreduzierung nach Gleichung (10) die Schubkraft nicht auf null abfällt. Alternativ kann Δq ein bestimmter konstanter Wert sein.

In der obenbeschriebenen siebten Ausführung der Erfindung kann nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführung erhalten werden, sondern es wird, wenn auf das Drucklager **14** eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, die durch den Schubzylinder **22** erzeugte horizontale Kraft abgesenkt, damit die auf das Lager ausgeübte gesamte horizontale Kraft verschwindet, so daß es möglich ist, einen Kontakt und eine Beschädigung der Rolle **10** und des Lagers **14** zu vermeiden.

Nun wird mit Bezug auf **Fig. 13** eine achte Ausführung der Erfindung beschrieben, wobei es sich in **Fig. 13** um einen linken Quadranten der oberen Hälfte eines Walzgerüsts gemäß der achten Ausführung handelt. In **Fig. 13** wird angenommen, daß die an das obere Ende angrenzende Seite die Antriebsseite ist, während die an das untere Ende angrenzende Seite die Arbeitsseite ist. Die gleichen Komponenten wie oben sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

In **Fig. 13** wird eine auf die Arbeitsseite ausgeübte horizontale Kraft S_W von einer auf der Arbeitsseite angeordneten Lastzelle **24W** erfaßt, während eine auf die Antriebsseite ausgeübte horizontale Kraft S_D von einer auf der Antriebsseite angeordneten Lastzelle **24D** erfaßt wird. Die beiden Werte S_W und S_D werden an einen Rechner **56** geliefert, der die Differenz ΔS zwischen den beiden Werten anhand der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta S = S_W - S_D \quad (11)$$

Das Drucklager **14** besitzt drei Öltaschen **57**, **58** und **59** mit jeweils unabhängigen Öldrucksystemen, mit denen das Schwimmen bewerkstelligt wird. In diesen Öldrucksystemen sind entsprechende Druckregler **60**, **61** bzw. **62** angeordnet, womit die Öldrücke in den Öltaschen **57**, **58** bzw. **59** unabhängig voneinander gesteuert werden können. Durch eine

Stelleinrichtung 63 wird in jedem System ein Referenzdruck eingestellt. Der Wert ΔS , der oben berechnet worden ist, wird an eine weitere Stelleinrichtung 64 ausgegeben, wobei ein arbeitsseitiger Systemdruck P_W und ein antriebsseitiger Systemdruck P_D in der folgenden Weise bestimmt werden:

Wenn ΔS positiv ist, wird P_W erhöht, da die horizontale Kraft auf der Arbeitsseite groß ist, während, wenn ΔS negativ ist, P_D erhöht wird, da die horizontale Kraft auf der Antriebsseite groß ist. Obwohl es günstig ist, den Druckerhöhungsbetrag (Druckabsenkungsbetrag ΔP) auf einen Wert zu setzen, der zum Absolutwert von ΔS proportional ist, kann der Wert von ΔP auch ein konstanter Wert sein.

In der obenbeschriebenen achten Ausführung der Erfindung wird nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführungsform erhalten, sondern es wird außerdem dann, wenn auf einen bestimmten Abschnitt in Bandbreitenrichtung eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, der zum Schwimmen in diesem Abschnitt der großen horizontalen Kraft geförderte Öldruck erhöht, so daß die insgesamt zulässige Last auf das Drucklager 14 erhöht werden kann und ein Kontakt und eine Beschädigung der Rolle 10 und des Lagers 14 verhindert werden können.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 14, die eine Draufsicht des linken Quadranten der oberen Hälfte eines Walzgerüsts ist, eine neunte Ausführung der Erfindung beschrieben. In Fig. 14 wird angenommen, daß die an das obere Ende angrenzende Seite die Antriebsseite ist, während die an das untere Ende angrenzende Seite die Arbeitsseite ist. Die gleichen Komponenten wie oben sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

In Fig. 14 werden die Schwimmgrade u_D , u_C und u_W der Mitlaufrollen 10 durch Spaltdetektoren gemessen, die in den drei Öltaschen 57, 58 bzw. 59 des Drucklagers 14 angeordnet sind, wobei die gemessenen Werte durch Verstärker 68, 69 bzw. 70 in elektrische Signale umgesetzt werden. Der Schwimmgrad u_C im Mittelabschnitt ist im wesentlichen gleich demjenigen, der oben in Verbindung mit den Fig. 10 bis 12 erläutert worden ist, so daß eine Verarbeitung wie in den fünften bis siebten Ausführungen ausgeführt wird. Der Schwimmgrad u_W auf der Arbeitsseite und der Schwimmgrad u_D auf der Antriebsseite werden in einen Rechner 71 eingegeben, der aus diesen beiden Werten eine Differenz Δu_L gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta u_L = u_W - u_D \quad (12)$$

Die drei Öltaschen 57, 58 und 59 besitzen jeweils unabhängige Öldrucksysteme, die das Schwimmen bewerkstelligen und in denen Druckregler 60, 61 bzw. 62 angeordnet sind, wobei die Öldrücke in den Öltaschen 57, 58 und 59 unabhängig voneinander gesteuert werden können. Durch die Stelleinrichtung 63 wird ein Referenzdruck in jedem System eingestellt. Der oben berechnete Wert Δu_L wird durch eine weitere Stelleinrichtung 64 ausgegeben, wobei sowohl der arbeitsseitige Systemdruck P_W als auch der antriebsseitige Systemdruck P_D folgendermaßen bestimmt werden.

Wenn Δu_L positiv ist, ist der Schwimmgrad u_W auf der Arbeitsseite groß, während der Schwimmgrad u_D auf der Antriebsseite klein ist, was bedeutet, daß auf die Antriebsseite eine übermäßige horizontale Kraft ausgeübt wird. Daher wird die zulässige Last auf der Antriebsseite durch Erhöhen von P_D erhöht. Wenn hingegen Δu_L negativ ist, ist der Schwimmgrad u_W auf der Arbeitsseite klein, während der Schwimmgrad u_D auf der Antriebsseite groß ist, was bedeutet, daß auf die Arbeitsseite eine übermäßige horizontale Kraft ausgeübt wird. Daher wird die zulässige Last auf der Arbeitsseite durch Erhöhen von P_W erhöht. In diesem Fall ist es günstig, den Druckerhöhungsbetrag ΔP auf einen Wert zu setzen, der zum Absolutwert von Δu_L proportional ist, der Wert von ΔP kann jedoch auch ein konstanter Wert sein.

In der obenbeschriebenen neunten Ausführung der Erfindung kann nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführungsform erhalten werden, sondern es wird, wenn auf einen bestimmten Abschnitt in Bandbreitenrichtung eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, der zum Schwimmen in diesem Abschnitt mit großer horizontaler Kraft geförderte Öldruck erhöht, so daß die insgesamt auf das Drucklager 14 ausgeübte zulässige Last erhöht werden kann, so daß ein Kontakt und eine Beschädigung der Rolle 10 und des Lagers 14 verhindert werden können.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 15 eine zehnte Ausführung der Erfindung beschrieben. Fig. 15 ist eine Draufsicht der oberen Hälfte eines Walzgerüsts gemäß der zehnten Ausführung. In Fig. 15 wird angenommen, daß die an das obere Ende angrenzende Seite die Antriebsseite ist, während die an das untere Ende angrenzende Seite die Arbeitsseite ist. Die gleichen Komponenten wie oben sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

In Fig. 15 wird eine auf die Arbeitsseite ausgeübte horizontale Kraft S_W durch die auf der Arbeitsseite angeordnete Lastzelle 24W erfaßt, während eine auf die Antriebsseite ausgeübte horizontale Kraft S_D durch die auf der Antriebsseite angeordnete Lastzelle 24D erfaßt wird. Die beiden Werte von S_W und S_D werden an den Rechner 56 geliefert, der die Differenz ΔS zwischen diesen beiden Werten anhand der obigen Gleichung (11) berechnet. Ein Rechner 72 empfängt ΔS und erzeugt, wenn ΔS positiv ist, was angibt, daß die horizontale Kraft S_W auf der Arbeitsseite größer ist, ein Druckreduziersignal Δq für einen Druckregler 74 eines Schubzylinders 22W auf der Arbeitsseite, während er dann, wenn ΔS negativ ist, was angibt, daß die horizontale Kraft S_D auf der Antriebsseite größer ist, ein Druckreduziersignal Δq für einen Druckregler 73 eines Schubzylinders 22D auf der Antriebsseite erzeugt.

Obwohl es günstig ist, den Druckreduzierbetrag Δq auf einen Wert zu setzen, der zum Absolutwert von ΔS proportional ist, kann der Wert von Δq ein konstanter Wert sein. Falls jedoch die Schubkraft null ist, werden die Rollen 2, 8 und 10 räumlich instabil, so daß für Δq eine Grenze gesetzt werden muß, damit die Schubkraft aufgrund der auf Δq basierenden Druckreduzierung nicht auf null abfällt.

In der obenbeschriebenen zehnten Ausführung wird nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführungsform erhalten, sondern es wird, wenn auf einen bestimmten Abschnitt in Bandbreitenrichtung eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, die vom Schubzylinder erzeugte Schubkraft in diesem Abschnitt der großen horizontalen Kraft abgesenkt, so daß die insgesamt auf das Drucklager 14 ausgeübte horizontale Kraft verringert werden kann, wodurch ein Kontakt und eine Beschädigung der Rolle 10 und des Lagers 14 vermieden werden können.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 16 eine elfte Ausführung der Erfindung beschrieben. Fig. 16 ist eine Draufsicht der oberen Hälfte eines Walzgerüsts gemäß der elften Ausführung. In Fig. 16 wird angenommen, daß die an das obere Ende angrenzende Seite die Antriebsseite ist, während die an das untere Ende angrenzende Seite die Arbeitsseite ist. Die gleichen Komponenten wie oben sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

In Fig. 16 werden die Schwimmgrade u_D , u_C und u_W der Mitlaufrolle 10 durch Spaltdetektoren 65, 66 bzw. 67 gemessen, die in den drei Öltaschen 57, 58 bzw. 59 des Drucklagers 14 angeordnet sind, wobei die Meßwerte durch die Verstärker 68, 69 bzw. 70 in elektrische Signale umgesetzt werden. Der Schwimmgrad u_C im Mittelabschnitt ist gleich demjenigen, der oben in Verbindung mit den Fig. 10 bis 12 erläutert worden ist, wobei für ihn die gleiche Verarbeitung wie in den fünften bis siebten Ausführungen ausgeführt wird. Der Schwimmgrad u_W auf der Arbeitsseite und der Schwimmgrad u_D auf der Antriebsseite werden in den Rechner 71 eingegeben, in dem die Differenz Δu von beiden anhand der obigen Gleichung (12) berechnet wird. Der Wert Δu_L , der berechnet worden ist, wird in einen Rechner 75 eingegeben. Wenn Δu_L positiv ist, bedeutet dies, daß die horizontale Kraft S_D auf der Antriebsseite größer ist, so daß der Rechner 75 für den Druckregler 73 des Schubzylinders 22D auf der Antriebsseite ein Druckreduziersignal Δq erzeugt, während der Rechner 75 dann, wenn Δu_L negativ ist, was bedeutet, daß die horizontale Kraft u_W auf der Arbeitsseite größer ist, für den Druckregler 74 des Schubzylinders 22W ein Druckreduziersignal Δq erzeugt. Obwohl es günstig ist, den Druckreduzierbetrag Δq auf einen zum absoluten Wert von Δu_L proportionalen Wert einzustellen, kann Δq auch ein konstanter Wert sein. Wenn jedoch die Schubkraft null ist, werden die Rollen 2, 8 und 10 räumlich instabil, so daß für Δq eine Grenze gesetzt werden muß, damit die Schubkraft aufgrund der auf Δq basierenden Druckreduzierung nicht auf null abfällt.

In der obenbeschriebenen elften Ausführung der Erfindung wird nicht nur die gleiche Wirkung wie in der ersten Ausführungsform erhalten, sondern es wird, wenn auf einen bestimmten Abschnitt in Bandbreitenrichtung eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, die vom Schubzylinder erzeugte Schubkraft in diesem Abschnitt der großen horizontalen Kraft abgesenkt, so daß die insgesamt auf das Drucklager 14 ausgeübte horizontale Kraft verringert werden kann, wodurch ein Kontakt und eine Beschädigung der Rolle 10 und des Lagers 14 vermieden werden können.

Obwohl in Fig. 6 und in den Fig. 13 bis 16 die Anzahl der Öltaschen und die Anzahl der Spaltdetektoren für ein Drucklager jeweils drei betragen hat, können die Öltaschen selbstverständlich auch in einer anderen Anzahl vorgesehen sein.

Wenn in dem Walzgerüst der Erfindung wie oben beschrieben ein Walzvorgang ausgeführt wird, indem die Arbeitsrollen durch Drucklager horizontal unterstützt sind, werden die Arbeitsrollen in Eingangs- und Ausgangsrichtung der Rollen durch die an den Drucklagern befestigten Bewegungseinrichtungen horizontal bewegt, so daß verhindert werden kann, daß auf die Lager eine übermäßige Kraft ausgeübt wird, und daß verhindert werden kann, daß die Rollen mit Lagersegmenten der Drucklager unter der Wirkung einer übermäßigen horizontalen Kraft in Kontakt gelangen.

Daher kann eine Beschädigung der Rollen vermieden werden, so daß die Produktqualität nicht mehr länger verschlechtert wird, eine Absenkung des Ausstoßes verhindert werden kann und eine Beschädigung der Lagerkissen der Drucklager ebenfalls verhindert werden kann. Im Ergebnis ist eine lang andauernde Unterbrechung des Betriebs für die Ersetzung beschädigter Segmente durch neue Segmente unnötig, so daß eine Abnahme der Produktivität verhindert werden kann. Da ferner selbst Arbeitsrollen mit kleinem Durchmesser erfindungsgemäß stabil verwendet werden können, können harte und dünne Bänder effizient gewalzt werden.

Patentansprüche

1. Walzgerüst, mit

wenigstens einem Paar Arbeitsrollen (2, 3), die ein Band (1) walzen, und Drucklagern (12-15), die die Arbeitsrollen (2, 3) über einen Bereich, der nicht kleiner als die maximale Breite des Bandes (1) ist, horizontal unterstützen und sowohl an der Eingangsseite als auch an der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) angeordnet sind,

gekennzeichnet durch

Bewegungseinrichtungen (20, 21), die die Arbeitsrollen (2, 3) horizontal bewegen und an den Drucklagern (12-15) befestigt sind, die sich an der Eingangsseite und/oder an der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) befinden.

2. Walzgerüst, mit

wenigstens einem Paar Arbeitsrollen (2, 3), die ein Band (1) walzen, wenigstens einem Paar Stützwalzen (6, 7) und Drucklagern (12-15), die die Arbeitsrollen (2, 3) über einen Bereich, der nicht kleiner als die maximale Breite des Bandes (1) ist, horizontal unterstützen und sowohl an der Eingangsseite als auch an der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) angeordnet sind, gekennzeichnet durch

Bewegungseinrichtungen (20, 21), die an den Drucklagern (12-15) befestigt sind, die sich an der Eingangsseite und/oder an der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) befinden, und die Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Stützwalzen (6, 7) zur Ausgangsseite bewegen können.

3. Walzgerüst, mit

wenigstens einem Paar Arbeitsrollen (2, 3), die ein Band (1) walzen, wenigstens einem Paar Stützwalzen (6, 7), die die Arbeitsrollen (2, 3) unterstützen, und Drucklagern (12-15), die die Seitenflächen der Arbeitsrollen (2, 3) unter Verwendung eines Fluiddrucks über einen Bereich, der nicht kleiner als die maximale Breite des Bandes (1) ist, horizontal unterstützen und sowohl an der Eingangsseite als auch an der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) angeordnet sind, gekennzeichnet durch

Bewegungseinrichtungen (20, 21), die an den Drucklagern (12-15) befestigt sind und die Arbeitsrollen (2, 3) zur Eingangsseite oder zur Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) horizontal bewegen können.

4. Walzgerüst nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 25), die an den Drucklagern (12-15) befestigt sind, die sich an der Eingangsseite und/oder an der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) befinden, und eine auf die Drucklager (12-15) ausgeübte horizontale Kraft messen.

5. Walzgerüst nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß

die Bewegungseinrichtungen (20, 21) an den Drucklagern (12-15) befestigt sind, die sich auf der Eingangsseite oder auf der Ausgangsseite der Arbeitsrollen (2, 3) befinden, und Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen (22, 23) vorgesehen sind, die eine Schubkraft erzeugen, die der durch die Be-

wegungseinrichtungen (20, 21) erzeugten Kraft entgegengesetzt ist, und an den auf der jeweils anderen Seite befindlichen Drucklagern (12–15) befestigt sind.

6. Walzgerüst nach irgendeinem der Ansprüche 3 bis 5, gekennzeichnet durch Schwimmgrad-Meßeinrichtungen (36, 37, 38), die den Schwimmgrad der Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Drucklagern (12–15) messen, wobei die Arbeitsrollen (2, 3) durch die Drucklager (12–15) unterstützt sind.

7. Walzgerüst nach irgendeinem der Ansprüche 4 bis 6, gekennzeichnet durch eine Förderdruck-Steuereinrichtung (46, 47, 49), die einen an die Drucklager (12–15) zu fördernden Fluiddruck in Übereinstimmung mit der von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 26) gemessenen Horizontalkraft steuern.

8. Walzgerüst nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Drucklager-Steuereinrichtung (44, 53), die jedes der Drucklager (12–15) in eine Position bewegt, in der die von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 25) gemessene Horizontalkraft nicht größer als ein vorgegebener Wert ist.

9. Walzgerüst nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Bewegungseinrichtung-Steuereinrichtung (44, 53), die die Arbeitsrollen-Bewegungseinrichtungen (20, 21) in der Weise steuert, daß sich die Arbeitsrollen (2, 3) in eine Position bewegen, in der die von den Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 25) gemessene Horizontalkraft höchstens gleich einem vorgegebenen Wert ist.

10. Walzgerüst nach irgendeinem der Ansprüche 3 bis 9, gekennzeichnet durch Mitlaufrollen (8, 10), die zwischen den Arbeitsrollen (2, 3) und den Drucklagern (12–15) angeordnet sind.

11. Walzgerüst nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem der Drucklager (12–15) mehrere Förderbohrungen (27 bis 32) für die Zufuhr von Fluid an die Drucklager (12–15) ausgebildet und in Bandbreitenrichtung angeordnet sind, wobei die Förderbohrungen (27 bis 32) in Bandbreitenrichtung unterschiedliche Durchmesser besitzen.

12. Walzverfahren, das ein Walzgerüst nach Anspruch 5 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen der auf die Drucklager (12–15) ausgeübten Horizontalkraft durch die Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 25) und

Steuern der von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen (22, 23) erzeugten Kraft in Übereinstimmung mit der gemessenen Horizontalkraft.

13. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 6 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen des Schwimmgrades der Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Drucklagern (12–15) durch die Schwimmgrad-Meßeinrichtungen (36, 37, 38) und

Steuern der Position der Arbeitsrollen (2, 3) in Walzeingangs- und Walzausgangsrichtung in Übereinstimmung mit dem gemessenen Schwimmgrad.

14. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 6 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen des Schwimmgrades der Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Drucklagern (12–15) mittels der Schwimmgrad-Meßeinrichtungen (36, 37, 38) und

Steuern der von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen (22, 23) erzeugten Kraft in Übereinstimmung mit dem gemessenen Schwimmgrad.

15. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 6 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen des Schwimmgrades der Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Drucklagern (12–15) mittels der Schwimmgrad-Meßeinrichtungen (36, 37, 38) und

Steuern des an die Drucklager (12–15) geförderten Fluiddrucks in Übereinstimmung mit dem gemessenen Schwimmgrad.

16. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 5 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen einer auf die Drucklager (12–15) horizontal ausgeübten horizontalen Kraft sowohl auf einer Arbeitsseite als auch auf einer Antriebsseite mittels der Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 25) und

Steuern der Differenz zwischen den durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen (22, 23) erzeugten arbeitsseitigen und antriebsseitigen Fluiddrücken in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen der auf der Arbeitsseite gemessenen horizontalen Kraft und der auf der Antriebsseite gemessenen horizontalen Kraft.

17. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 5 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen einer auf die Drucklager (12–15) horizontal ausgeübten horizontalen Kraft sowohl auf einer Arbeitsseite als auch auf einer Antriebsseite mittels der Horizontalkraft-Meßeinrichtungen (24, 25) und

Steuern der Differenz zwischen den durch die Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen (22, 23) erzeugten Kräften auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen der auf der Arbeitsseite gemessenen Horizontalkraft und der auf der Antriebsseite gemessenen Horizontalkraft.

18. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 6 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen des Schwimmgrades der Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Drucklagern (12–15) an wenigstens zwei Punkten in Bandbreitenrichtung durch die Schwimmgrad-Meßeinrichtungen (36, 37, 38) und

Steuern der Differenz zwischen den an die Drucklager (12–15) geförderten Fluiddrücken auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen den gemessenen Schwimmgraden auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite.

19. Walzverfahren, das das Walzgerüst nach Anspruch 6 verwendet, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Messen des Schwimmgrades der Arbeitsrollen (2, 3) relativ zu den Drucklagern (12–15) an wenigstens zwei Punkten in Bandbreitenrichtung mittels der Schwimmgrad-Meßeinrichtungen (36, 37, 38) und,

Steuern der Differenz zwischen den von den Schubkraft-Erzeugungseinrichtungen (22, 23) erzeugten Kräften auf der Arbeitsseite bzw. auf der Antriebsseite in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen den gemessenen Schwimmgraden auf der Arbeitsseite und auf der Antriebsseite.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

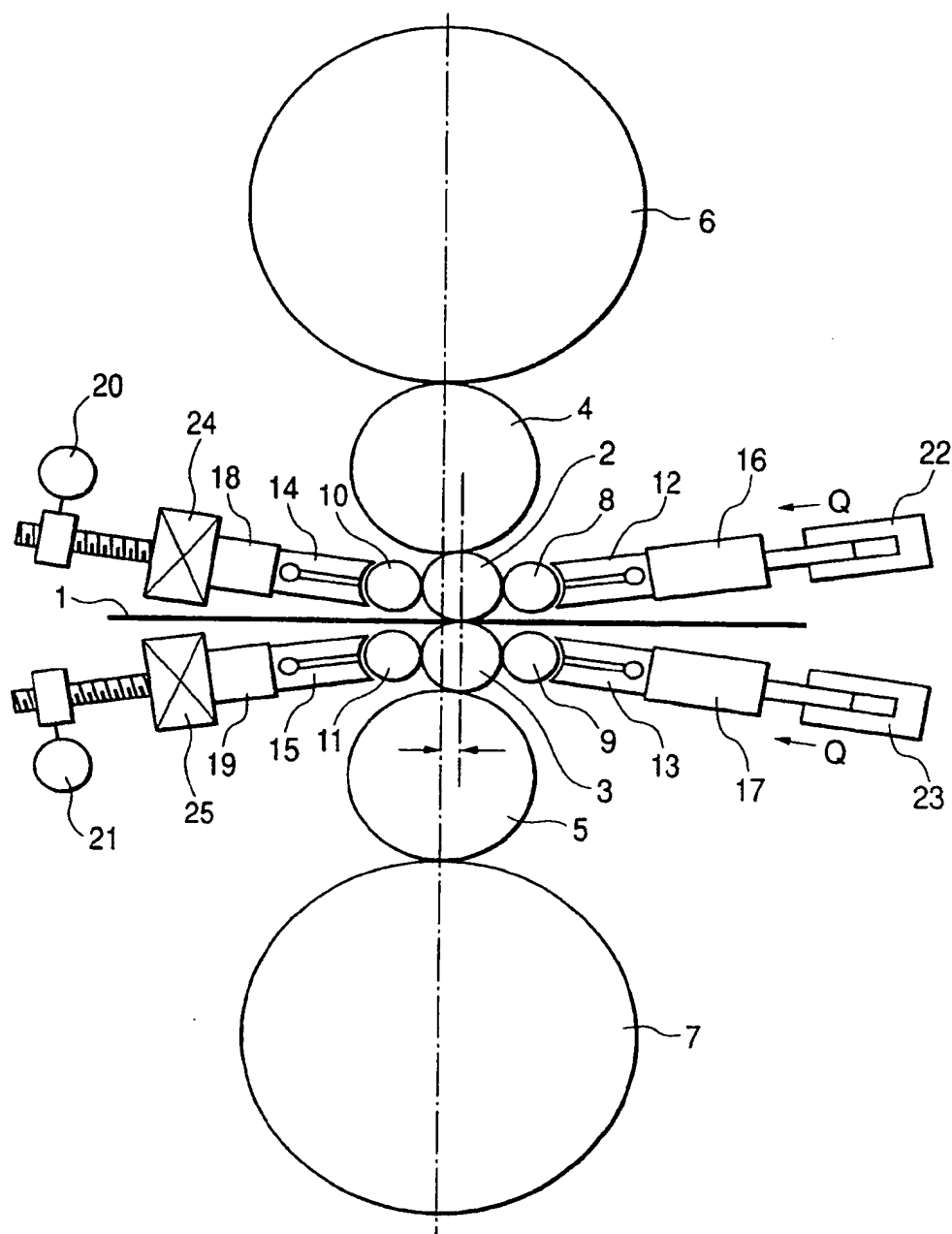


FIG. 2

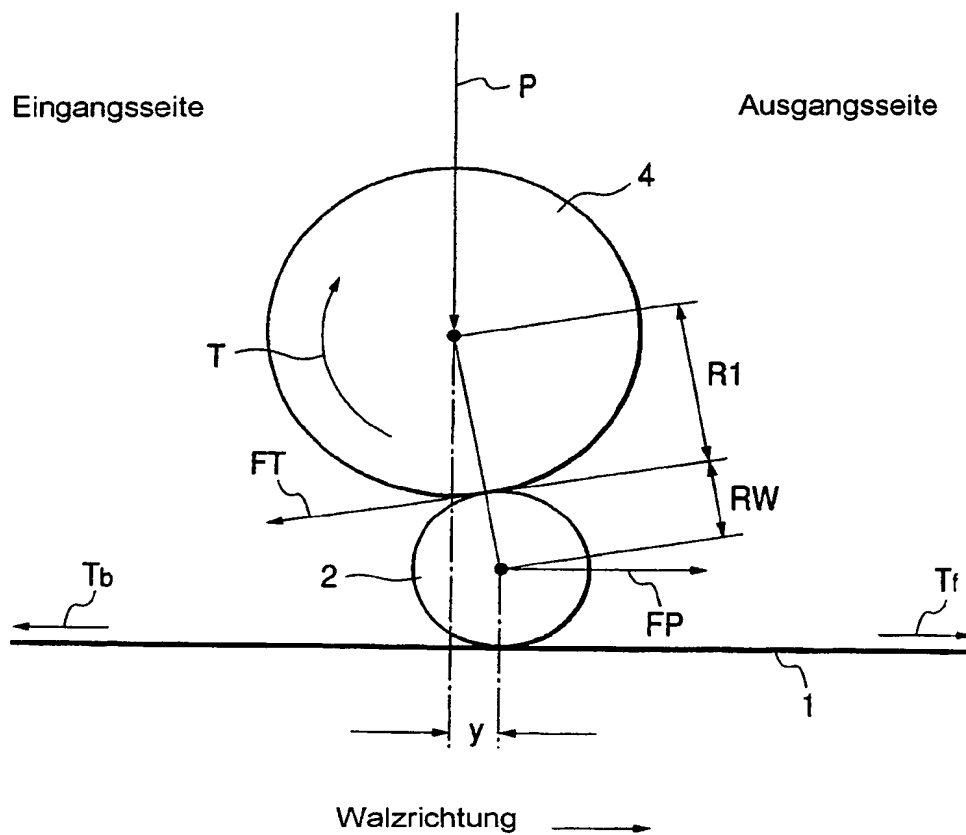


FIG. 3

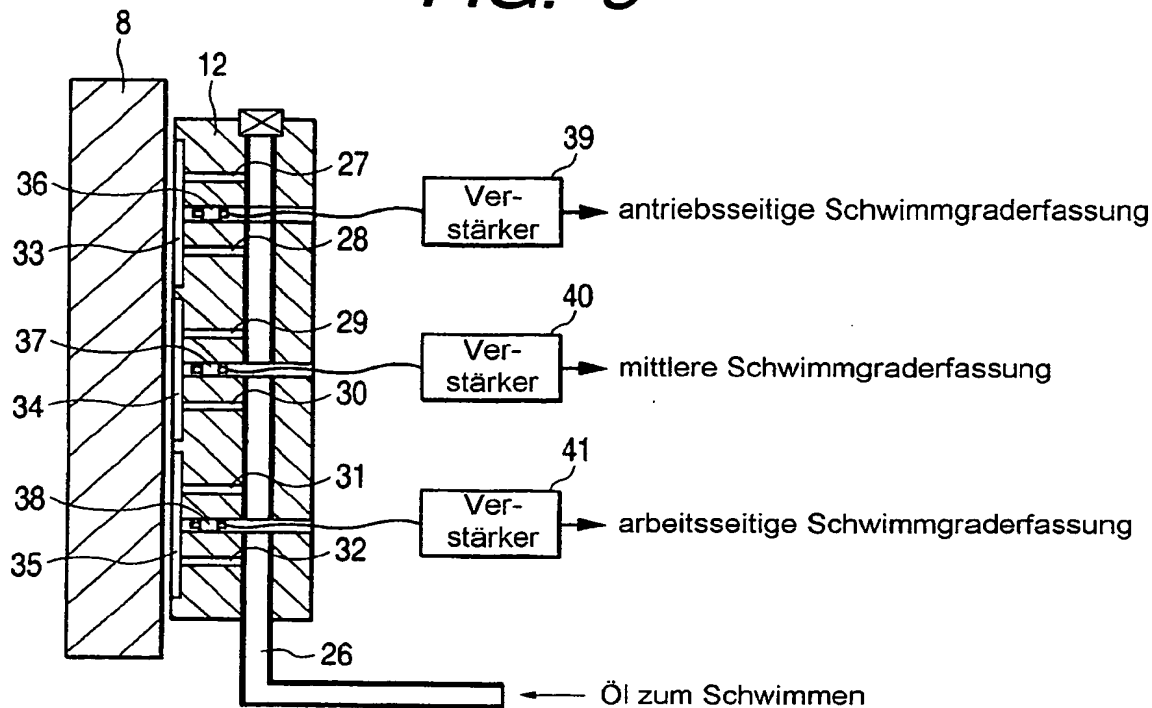


FIG. 4

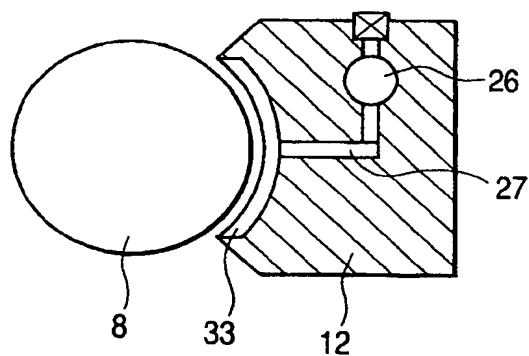


FIG. 5

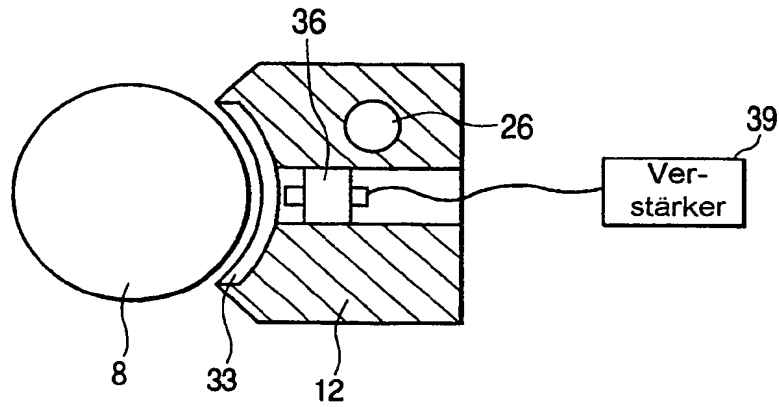


FIG. 6

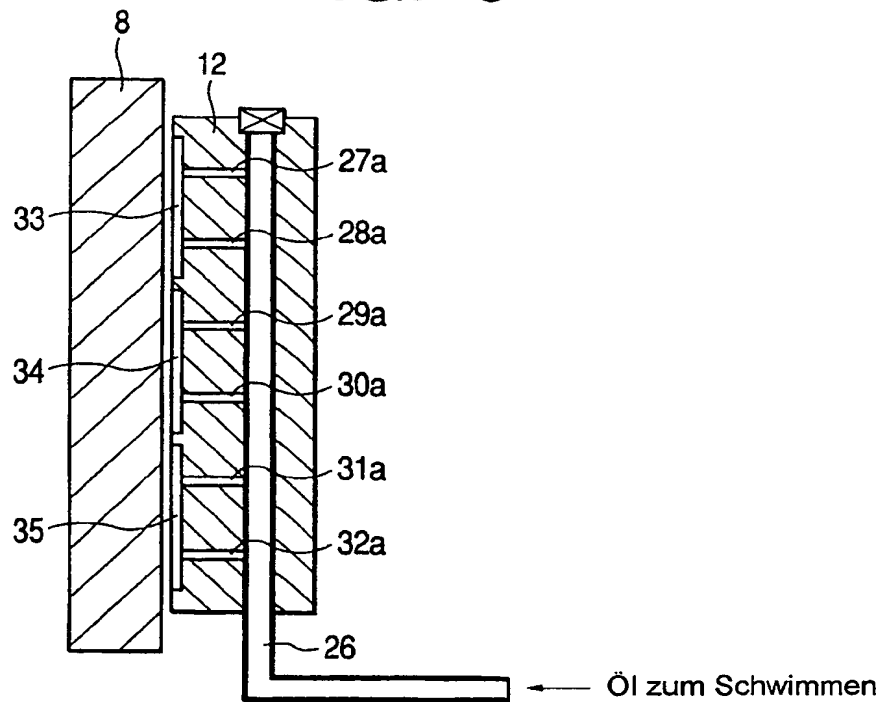


FIG. 7

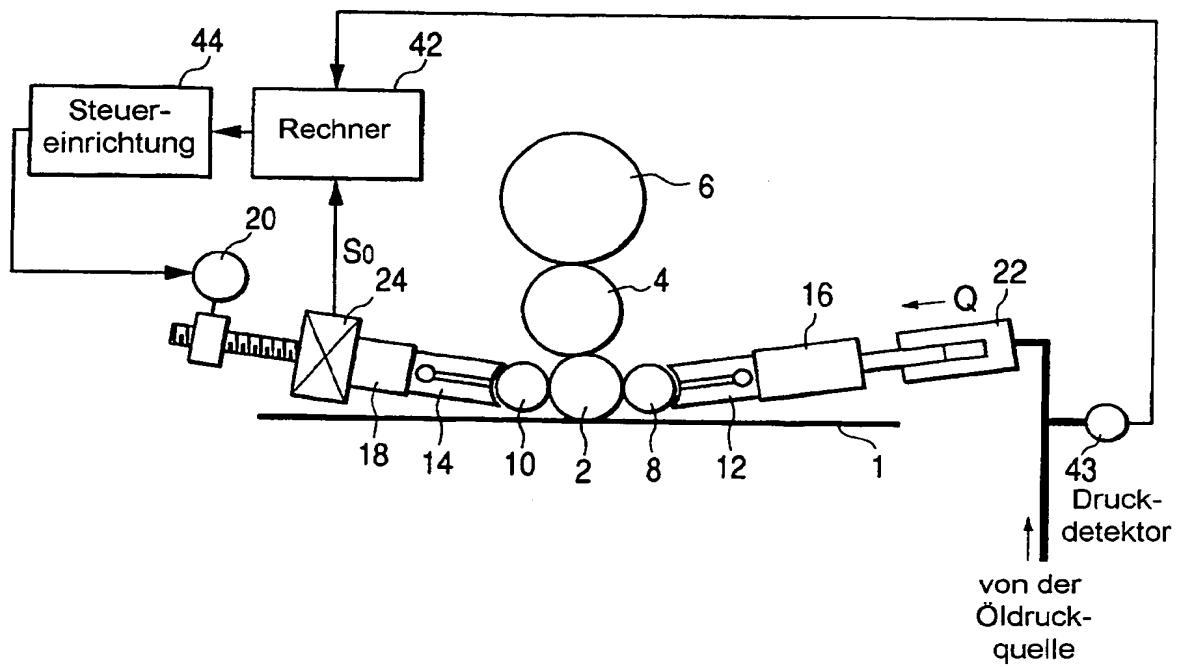


FIG. 8

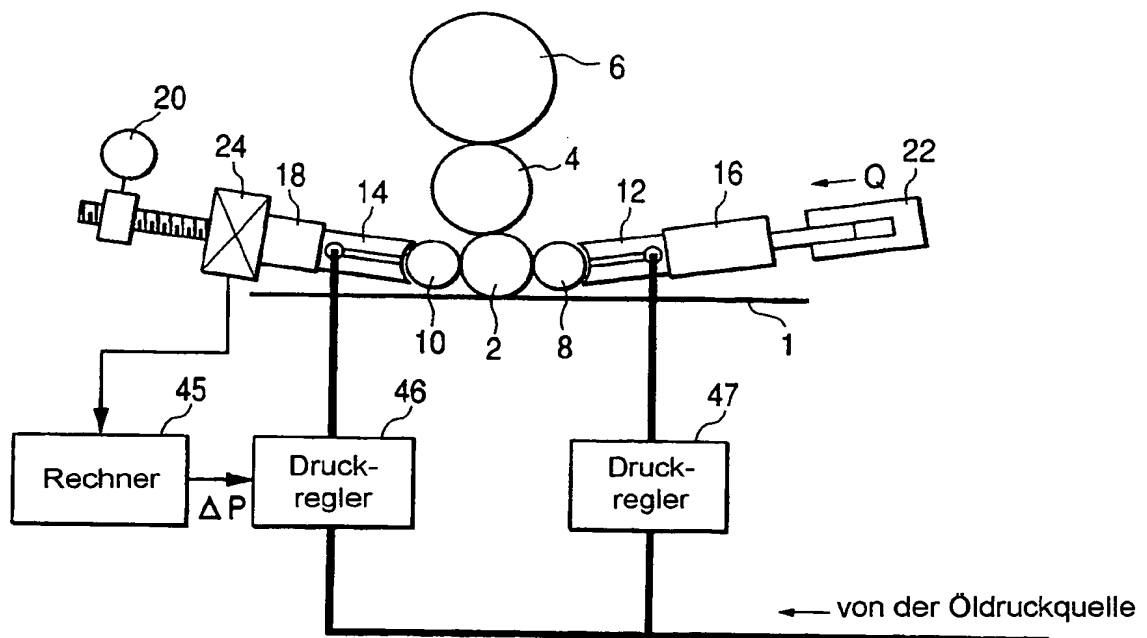


FIG. 9

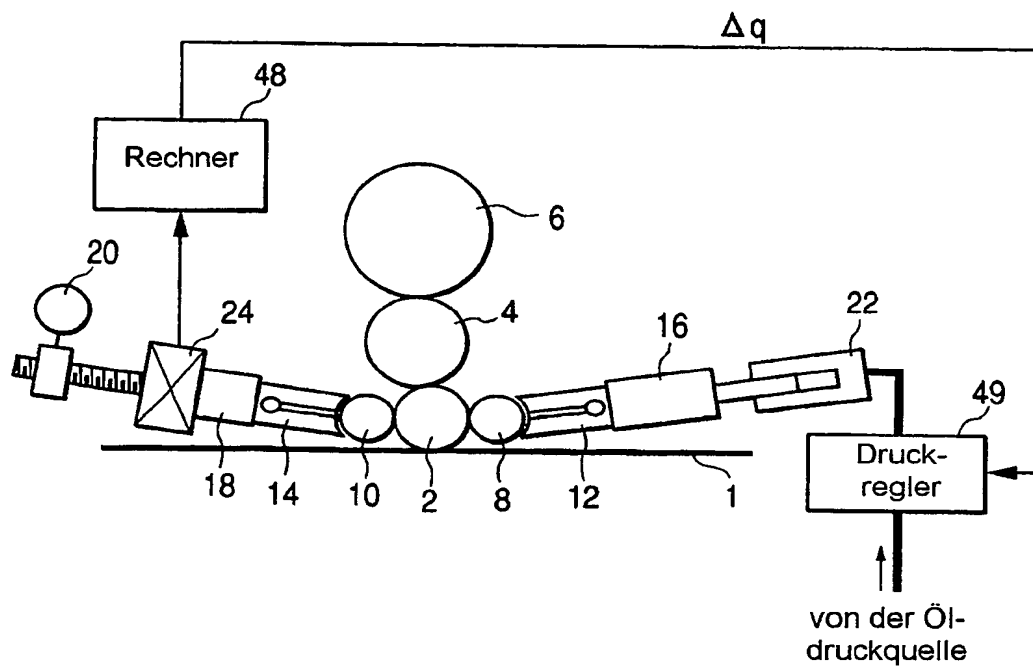


FIG. 10

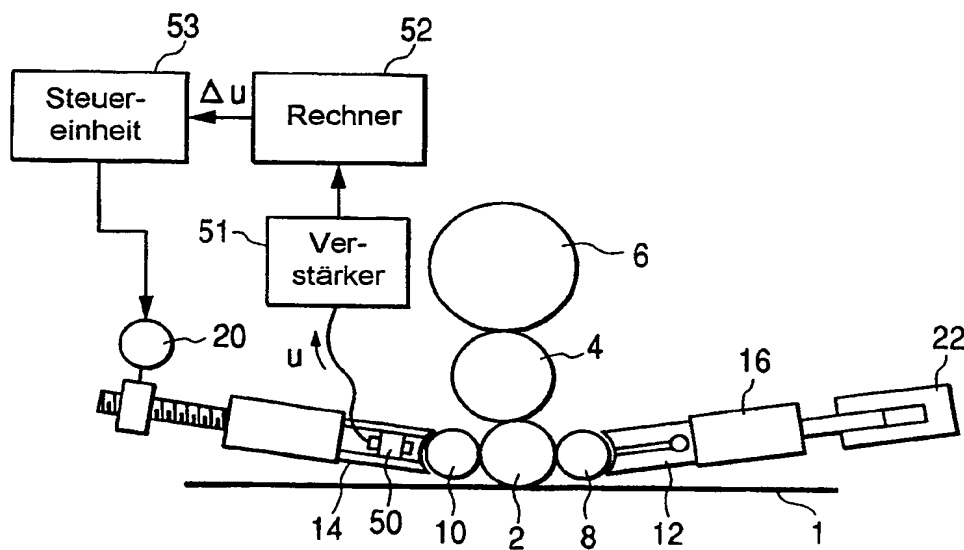


FIG. 11

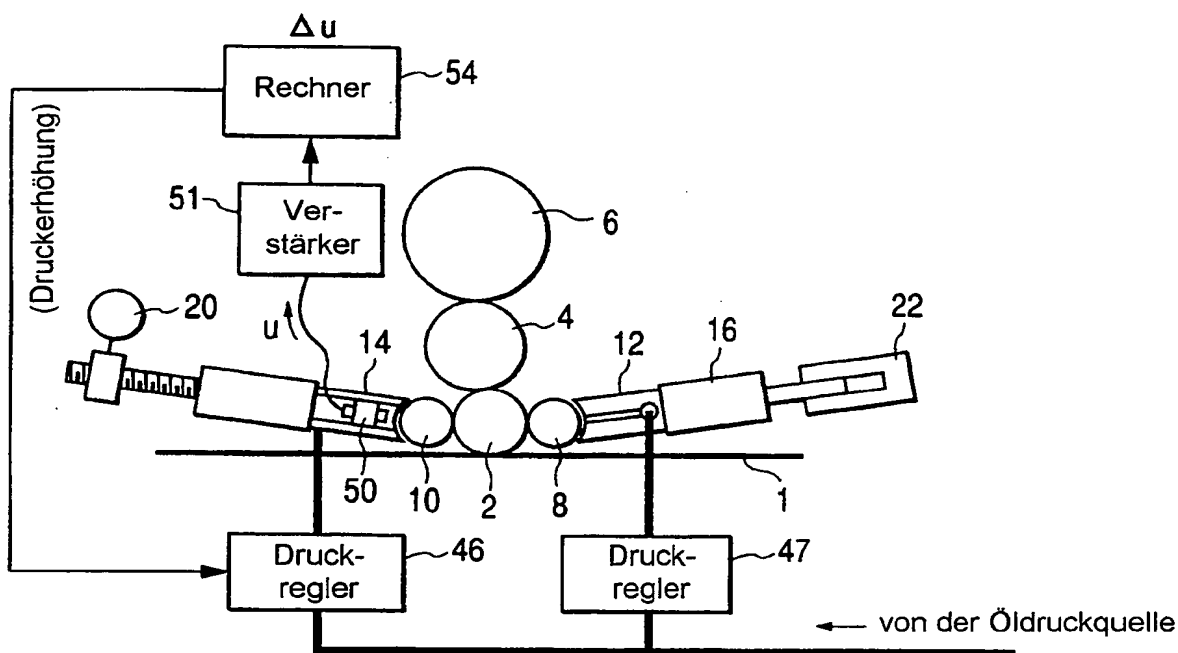


FIG. 12

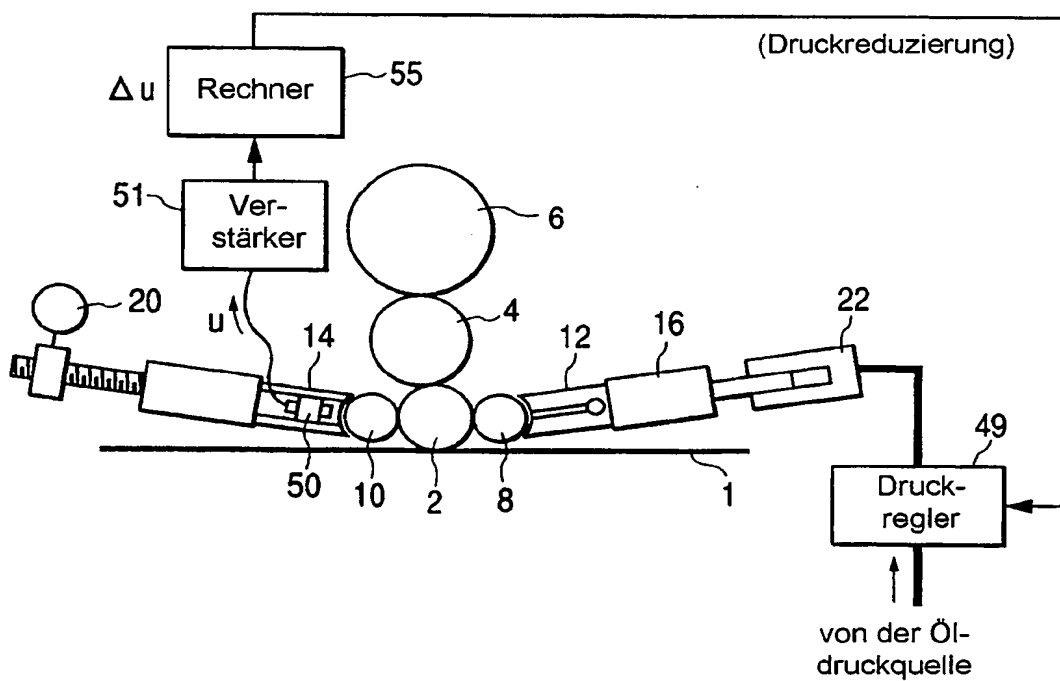


FIG. 13

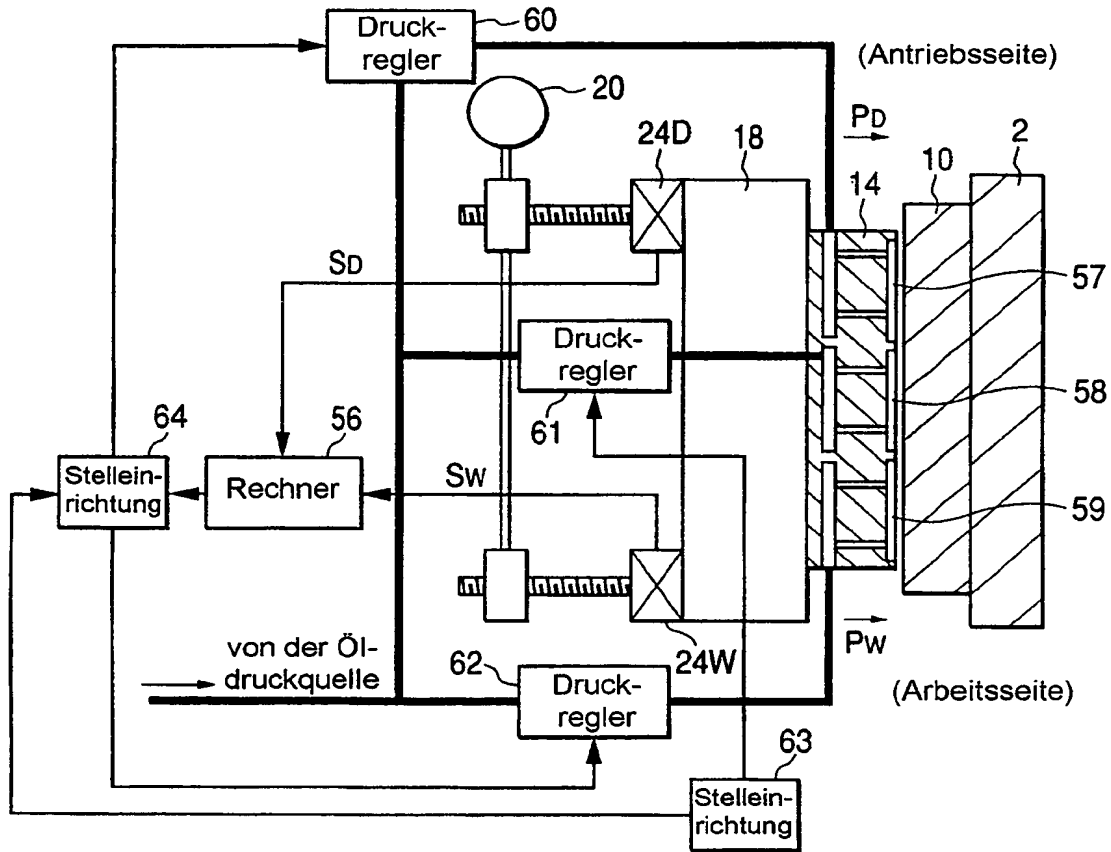


FIG. 14

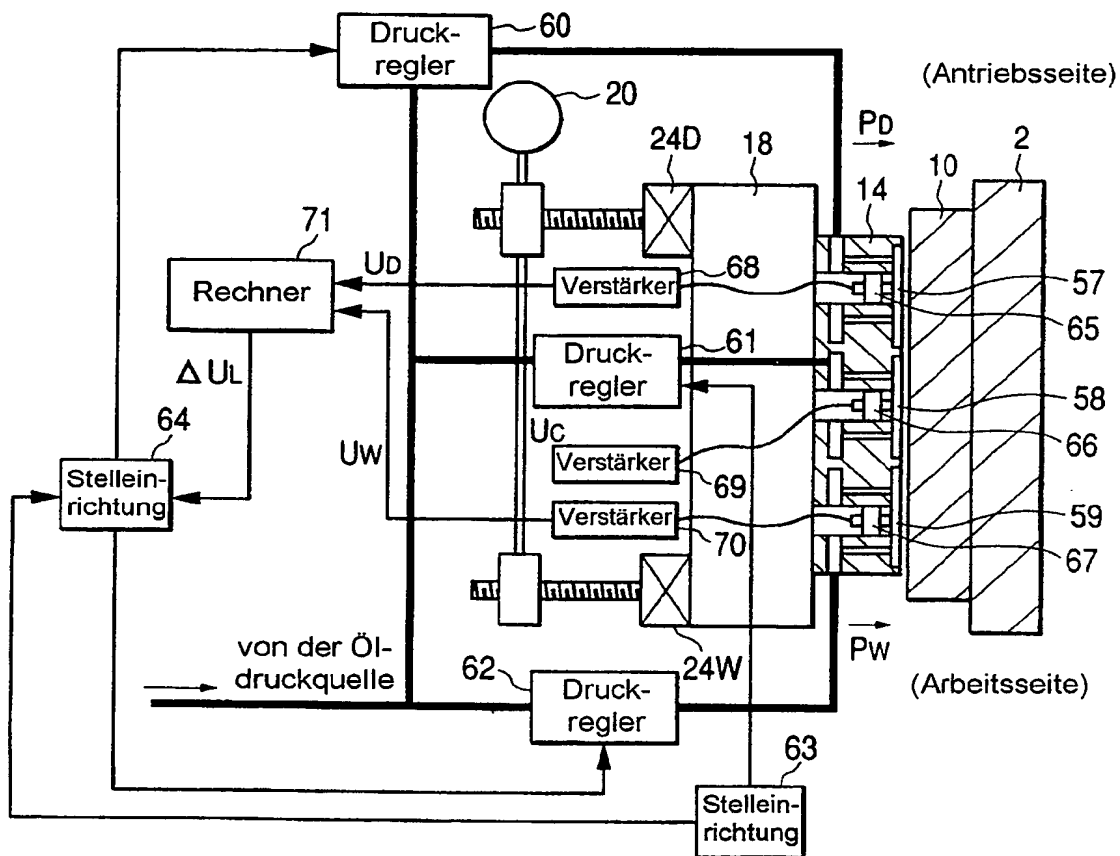


FIG. 15

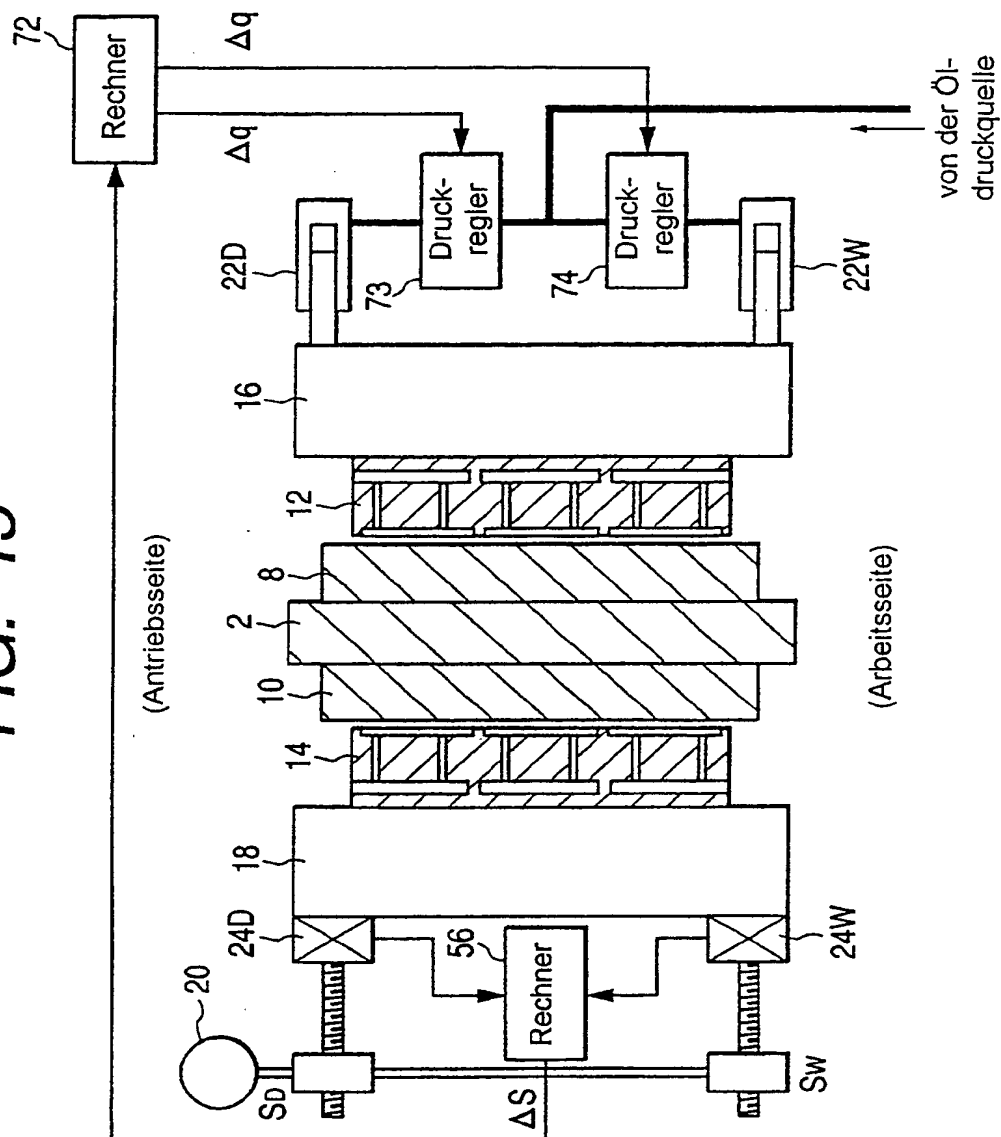


FIG. 16

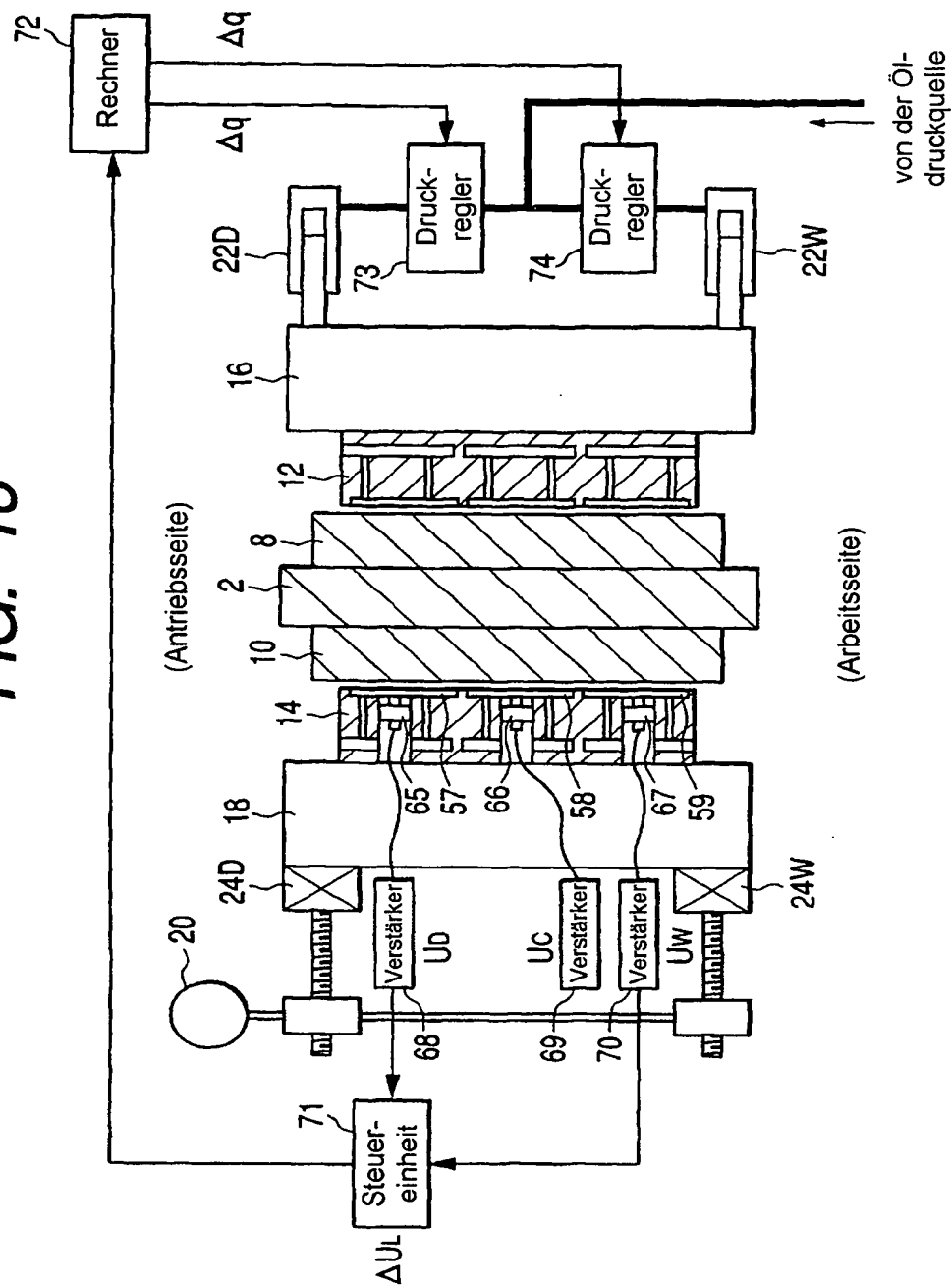


FIG. 17

